

Eksperimentale Undersøgelser over Forholdet imellem Atomvægten for Ilt og Brint.

Af

Julius Thomsen.

(Meddelt i Mødet den 31. Maj 1895.)

Vandets kvantitative Sammensætning har allerede ofte været Genstand for Undersøgelser, og man har i det væsentlige fulgt tvende Veje til Besvarelsen af dette Spørgsmaal. Dels har man benyttet Reduktion af Kobberilte med Brint, hvorved man dog kun faar Vandets Iltmængde bestemt, dels har man maalt de tvende Bestanddeles Vægtfylde i luftformig Tilstand og maalt det Rumforhold, i hvilket disse forene sig til Vand. Den første Undersøgelsesmaade, som allerede blev benyttet af Berzelius og senere af Dumas, Erdmann og Marchand og i den seneste Tid af Keiser, har givet Resultater, efter hvilke Forholdet imellem Iltens og Brintens Atomvægte skulde være omtrent som 15,96 : 1, medens andre nyere Undersøgelser, udførte efter samme Methode af Noyes, Dittmar, Henderson, og Leduc have ført til Forholdet omtrent 15,89; det laveste Forholdstal, 15,867 var Resultatet af Dittmar og Hendersons Arbejde. Den anden Undersøgelsesmaade d. e. Bestemmelse af Luftarternes Vægtfylde og Rumforholdet ved deres Forening, er bleven anvendt af Cooke og Richard, Rayleigh, Scott og Morley, og disse Undersøgelseres Resultater ligge omkring 15,87 : 1; de nærme sig altsaa meget til Resultaterne af den

anden Gruppe af de førstnævnte Forsøg. Det svage Punkt i den første Methode er den, at den kun bestemmer Mængden af den ene Bestanddel i Vandet, Iltten, netop den, som findes i størst Mængde, og at altsaa Brintens Mængde afledes som Forskel imellem Vandets og Iltens Vægt, hvorved mulige Fejl overføres paa Vægten af den Bestanddel, som forekommer i den ringeste Mængde, og altsaa stærkt paavirker Vægtforholdet imellem Bestanddelene. Ved Benyttelsen af den anden Metode, blive vel begge Bestanddelene vejede, men Bestemmelsen af Brintens Vægtfylde ligesom ogsaa af Rumfanget, i hvilket de tvende Luftarter, Ilt og Brint, forene sig, frembyder store Vanskeligheder.

Derfor forsøgte jeg for nogle Aar siden at løse Opgaven ad indirekte Vej, idet jeg bestemte Vægtforholdet, i hvilket Ammoniak og Klorbrinte forene sig. Undersøgelsen førte til et Forhold imellem Iltens og Brintens Atomvægte af meget nær 16 : 1; men ogsaa denne Metode har sine Svagheder; dels afhænger det beregnede Resultat af Størrelsen af Klorets og Kvælstoffets Atomvægte, af hvilke det sidstnævnte endnu er noget usikkert; dels er det neppe muligt tilfulde at undgaa Absorption af atmosfærisk Luft i de benyttede Vædsker og endelig er det usikkert, om Luftarterne kunne afvandes tilstrækkeligt ved disse Forsøg. Uoverensstemmelsen imellem Resultatet af disse og de andre Forsøg blev Anledningen til at jeg atter optog Spørgsmaalet for at forsøge at besvare det paa en ny og direkte Maade.

Jeg stillede mig den Opgave at bestemme Vandets tvende Bestanddele efter Vægt uden at være henvist til at veje eller maale dem i luftformig Tilstand. Til dette Øjemed valgte jeg Vandets Adskillelse af Aluminium, idet jeg i et særligt dertil indrettet Apparat lod vejede Mængder Aluminium virke paa en koncentreret Kaliopløsning; da Apparatet var saaledes indrettet, at den udviklede Brint forlod samme i tør Tilstand, maatte altsaa Forskellen før og efter Forsøget angive Vægten af den

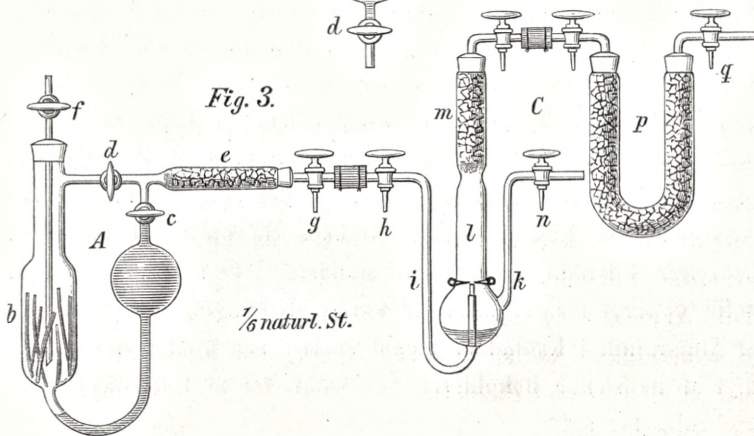
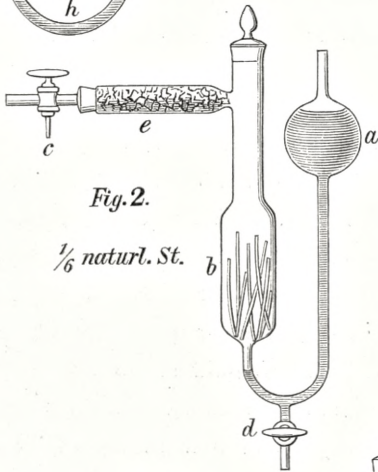
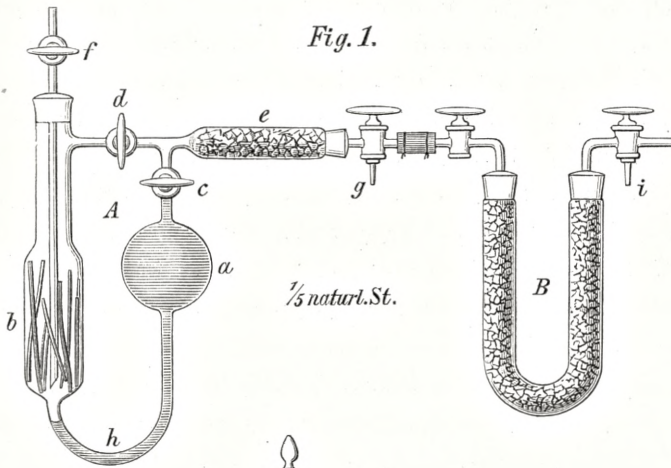
udviklede Brint. I en anden Række Forsøg blev Udviklingsapparatet forbundet med et lille Forbrændingsrum af Glas, i hvilket Brinten, efterhaanden som den blev udviklet, blev forbrændt til Vand ved tilført luftformig Ilt; Vægtforøgelsen af det samlede Apparat maatte i dette Tilfælde være lig Vægten af den til Forbrændingen fornødne Ilt. Forholdet imellem disse to Størrelser, Vægtforøgelsen i det andet Tilfælde og Vægtformindskelsen i det første, beregnet for lige store Vægtmængder opløst Aluminium, maatte saa give Forholdet imellem Iltens og Brintens Vægt i Vandet.

Ved disse Forsøg blev det ikke nødvendigt at benytte absolut rent Aluminium, naar kun Aluminium af samme Beskaffenhed blev anvendt til samtlige Forsøg; thi Vægten af den udviklede Brint vilde da være proportional med Vægten af det anvendte Aluminium. Forsøgene bleve udførte i stort Antal, saa at der i disse blev opløst omtrent 300 Gram Aluminium. Neden for giver jeg nu først en Beskrivelse af de benyttede Apparater og Meddelelse om Undersøgelsens Hovedresultat, dernæst i det andet Afsnit en Meddelelse af de eksperimentale Enkeltheder og deres Beregning.

A. Beskrivelse af den eksperimentale Metode og Meddelelse af det indvundne Resultat.

1. Bestemmelse af den Vægt Brint, der frigøres ved Opløsning af en Vægtenhed Aluminium i koncentreret Kalilud.

Det for denne Del af Undersøgelsen benyttede Apparat er afbildet i Fig. 1; det er helt af Glas med indslebne Propper. *A* er Udviklingsapparatet, i hvilket Reaktionen imellem Aluminium og Kaliopløsningen finder Sted. *B* er Tørreapparatet for den udviklede Brint; det bestaar af to *U*-formede Rør, fyldte med en Blanding af Fosforsyreanhydrid og fintkornet Pimpsten (kun et af disse Rør er angivet i Tegningen. *A* har to Beholdere; den kugleformede *a* er ved Forsøgets Begyndelse fyldt med en Opløsning af to Dele Kalihydrat i 3 Dele Vand; den



cylindriske Beholder *b* indeholder derimod det til Opløsning bestemte Aluminium, som benyttes i Pladeform, i Strimler af c. 1 Centimeters Brede og 7 Centimeters Længde. Lysningen af Røret *h*, som forinden forbinder disse tvende Beholdere er ringere end 1 Cm., saa at Metalstrimlerne ikke kunne glide ned i samme. Forinden Forsøgets Begyndelse er Hanen *c* lukket, og Kaliopløsningen udfylder hele Beholderen *a* og Røret *h* indtil 1 Centimeter nedenfor Beholderen *b*. Naar da Hanen *c* aabnes, løber Kaliopløsningen gennem Røret *h* over i Beholderen *b*, hvor Reaktionen dernæst indtræder. Brinten vil da, efterhaanden som den udvikles, passere Hanen *d* og Røret *e*, som er fyldt med fint knust og sigtet vandfrit Klorcalcium, dernæst videre gennem Tørreapparatet *B* og endelig forlade Apparatet.

Før Forsøgets Begyndelse og forinden Apparaternes Vægt bestemmes, maa den atmosfæriske Luft fortrænges af samme og erstattes med Brint. Dertil anvendes et Udviklingsapparat af lignende Konstruktion som *A*, men simplere i Formen; det er afbildet i Fig. 2. Beholderen *a* og *b* samt Røret *e* have samme Bestemmelse, som de tilsvarende i Fig. 1; men Beholderen *a* er her aaben, og den kan altsaa fyldes direkte gennem Aabningen *g* med Kalilud; dens Indhold er omtrent 100 Cubc. Beholderen *b*, som foroven slutes med en indsleben Glasprop, kan fyldes med Aluminium gennem den tilsvarende Aabning; for hver 25 Gram Aluminium kan man faa c. 30 Litre Brint, hvilket er tilstrækkeligt til 15 Anvendelser af Apparatet. Naar man engang har uddrevet den atmosfæriske Luft af dette Apparat og dernæst lukket Hanen *c*, vil det senere straks kunne anvendes; thi Kaliopløsningen trykkes da op i Beholderen *a*, hvorefter Udviklingen af Brint standser. Ved Anvendelsen af dette Apparat maa erindres, at Varmeudviklingen ved Opløsning af Aluminium i Kalilud er meget stærk, saa at det er nødvendigt at nedsænke Beholderen *b* i Vand, for at Udviklingen kan gaa rolig for sig.

Forberedelserne til Forsøgene ere nu følgende: Beholderen *a* Fig. 1 skal fyldes med Kalilud; man lukker derfor Hanen *d*, aabner *c* og *g* og borttager Hanen *f* med det til samme tilsmeltede Rør; man sætter da en Tragt med langt, snævert Rør i Aabningen, fylder Luden langsomt gennem Tragten, idet man samtidig ved at suge Luft fra Hanen *g* sørger for, at Luden hæves ind i Beholderen *a* uden at befugte Væggene i Beholderen *b*. Naar *a* er helt fyldt indtil Hanen *e*, lukkes denne, og man lader da endnu saa meget Lud løbe til, at den fylder Røret *h* indtil omtrent 1 Cent. Meter nedenfor Beholderen *b*. Dernæst bringes det afvejede Aluminium (7—8 Gram) ned igennem Aabningen *f*; det stiller sig da opret i Beholderen *b*, som derpaa lukkes, idet man indsætter Hanen *f* med det med samme forbundne Rør, som naaer helt ned til Bunden af Beholderen; Hensigten med dette Rør skal nedenfor blive omtalt.

Dernæst skal Luften uddrives af Apparatet; da Tørreapparaterne allerede ere fyldte med Brint fra de foregaaende Forsøg, gælder det altsaa kun at fylde Apparatet *A* med Brint; man forbinder da Hanen *g* med det beskrevne Brintapparat og aabner saa Hanerne *g*, *d* og *f*; Brinten gaaer da gennem Røret *e* og Hanen *d* ind i den øvre Del af Beholderen *b*, hvor den atmosfæriske Luft trænges nedefter, idet den finder Udvej gennem det til Hanen *f* knyttede Rør, som udmunder i Beholderens nederste Del. Da det fyldte Apparats Luftrumfang kun udgør omtrent 90 Centimeter, er Luften hurtigt fortrængt af samme; en Litre Brint er fuldt tilstrækkelig; men for en Sikkerheds Skyld anvendtes stedse 1,5 Litre. Rumfanget af den gennemstrømmende Luft iagttages ved til Hanen *f* at knytte et Kautschukrør, som fører Luften under Vand ind i et Maalekar. Naar det fornødne Brintrumfang har passeret gennem Apparatet lukkes Hanerne *f* og *g*, og Vægten af det hele Apparat (Udviklingsapparat og Tørrerør) bestemmes ved gentagne Vejninger.

Man forbinder dernæst Udviklingsapparatet med Tørrerørene

aabner saa for Hanen *c*, hvorved Kaliopløsningen løber over i Beholderen *b*. Reaktionen og Brintudviklingen tager sin Begyndelse; Brinten gaar igennem de aabnede Haner og Tørreapparatet ud i det fri. Apparatet *A* sættes nu i en Beholder med destilleret Vand af 25—30°, hvorved Varmeudviklingen kompenseres, og Brintudviklingen forløber regelmæssig i Løbet af de 3½—4 Timer, som Forsøget varer. Naar næsten alt Metal er opløst, fjernes Vandbeholderen, hvorved Varmegraden stiger og Reaktionen føres til Ende. Man lukker dernæst Hanen *i* og lader Apparatet henstaa nogle Timer, for at den sidste Rest af Brint kan udvikle sig, aabner endelig atter Hanen *i*, for at det opstaaede Overtryk kan udjævnes. Apparatet er nu i samme Tilstand som forinden Forsøget, d. v. s. fyldt med Brint ved Rummets Varmegrad og Lufttryk, og er nu færdigt til Vejning. Da Apparatets samlede Indhold af Brint udgør c. 0,016 Gram, vil en ringe Forskel i Lufttryk og Varmegrad kun udøve en aldeles forsvindende Indflydelse paa dets Vægt. Apparatet har selvfølgelig tabt i Vægt; Vægttabet, beregnet paa den i det følgende Afsnit angivne Maade, giver Vægten af Brint, som svarer til en Vægtenhed Aluminium.

Da den udviklede Brints Vægt kun er ringe, gennemsnitlig kun 0,9 Gram i hvert Forsøg, og da man derfor ikke tør gøre Regning paa en stor Nøjagtighed af de enkelte Forsøg (rimeligvis en Promille), er det nødvendigt at udføre et stort Antal Forsøg. Denne Forsøgsrække omfatter derfor 21 Forsøg, i hvilke der i alt blev anvendt 162,3705 Gram Aluminium og udviklet 18,1778 Gram Brint, d. v. s. omtrent 200 Liter Brint, hvilket giver, beregnet for Vægt i lufttomt Rum (se næste Afsnit)

$$\frac{\text{Brint}}{\text{Aluminium}} = \frac{18,1778}{162,3705} \cdot 0,99955 = 0,11190 \pm 0,000015.$$

Altsaa giver hvert Gram Aluminium 0,11190 Gram Brint. Dette Resultatet gælder selvfølgelig kun for det til Forsøgene benyttede Aluminium og kan ikke umiddelbart benyttes til Beregning af Aluminiumets Atomvægt; thi dels forandrer

Kaliopløsningens Rumfang sig noget, naar Aluminium opløses i samme, og dels er det benyttede Metal ikke absolut rent Aluminium, hvilket vilde udøve en Indflydelse ved en Beregning af dettes Atomvægt, medens det er uden Indflydelse for det foreliggende Formaal.

2. Bestemmelse af den Vægt Ilt, som er fornøden til Forbrænding af den ved Opløsning af en Vægtenhed Aluminium i Kaliopløsning udviklede Brint.

Det til dette Formaal benyttede Apparat er afbildet i Fig. 3. Det bestaar af to Dele; den ene er det ved den forud beskrevne Undersøgelse benyttede Apparat *A* med Udeltukkelse af Tørreapparatet *B*, den anden bestaar af et lille Glasapparat, i hvilket Brinten ved Forbrænding omdannes til Vand, efterhaanden som den udvikles i *A*. Apparatets Indretning fremgaar tydeligt af Tegningen; i den nederste kugleformet udvidede Del af *C* udmunde to Kapillarrør *i* og *k*, af hvilke det første, som ender i et af tyndt Platinblik dannet Rør, tjener til at føre Brinten, som udvikles i *A*, til Forbrændingsrummet *l*, medens den til Forbrændingen fornødne Ilt føres igennem Røret *k*. Brinten behøver selvfølgelig ikke at være tørret, hvorimod Ilten, forinden den passerer Hanen *n*, har gennemstrømmet et par U-formede Rør med Fosforsyreanhydrid. Antændelsen af den gennem Røret *i* indtrædende Brint sker ved Forsøgets Begyndelse ved en Række Induktionsgnister imellem de paa Siderne af Brænderaabningen indsmeltede Platintraade. Forbrændingen foregaar altsaa i Røret *l*, og det dannede Vand samler sig i den nederste kugleformede Del, som kan rumme c. 30 Gr. Vand, hvilket er tilstrækkeligt til at rumme den Vandmængde, som dannes i tre paa hinanden følgende Forbrændingsforsøg. Røret *lm* er indsnævret paa Midten; den snævre Forbindelse er udfyldt med Glasuld, og over samme, altsaa i Røret *m*, er Rummet fyldt med fintkornet og sigtet vandfrit Klorkalcium. Under Forbrændingen er Apparatet nedsænket i Isvand, saa at kun en ringe

Mængde Vanddamp føres gennem Røret m med det ringe Overskud af tilført Ilt; den fuldstændige Udtørring foregaar i det U-formede Rør p , der er fyldt med Forsforsyreanhydrid paa Pimpstenskorn. Dette Rør tiltager kun 0,002 til 0,003 Gram for hvert Forsøg, i hvilket der dannes 7—8 Gram Vand; det er ved Mundingen q forbundet med et Mariottesk Kar (der ikke er angivet i Tegningen), omtrent 1,5 Liter stort, bestemt til at optage Overskudet af tilført Ilt og tillige til at iagttage, at et saadant Overskud bestandigt tilføres Forbrændingsrummet; Overskuddets Størrelse udgør omtrent en Tiendedel af den til Forbrændingen fornødne Iltmængde.

Selve Forsøget forberedes nu paa følgende Maade. Apparatet A bliver forsynet med Kalilud og en afvejet Mængde Aluminium (c. 8 Gram) ganske paa samme Maade, som angivet i det foregaaende Afsnit, og dernæst Luften uddrevet med Brint. Saafremt alle Dele af Apparatet C ikke allerede ere fyldte med Ilt efter et forudgaaende Forsøg, uddrives Luften af samme med Ilt. Dernæst blive begge Apparater vejede samtidigt, og efterat Vægten er endelig bestemt ved gentagne Vejninger, samles Apparatets tvende Hoveddele, Forbindelse tilvejrbringes ved q med det Mariotteske Kar og ved n med Tørreapparaterne for Iltstrømmen, alle Haner i Apparatet C aabnes, hvorefter Iltstrømmen reguleres. Dernæst sætter man Induktionsstrømmen i Virksomhed og aabner saa endelig Hanen e paa Apparatet A . Luden løber da fra Beholderen a ind i b , og Reaktionen indtræder. Naar denne har opnaaet en passende Størrelse, aabnes Hanen g , hvorved den udviklede Brint føres gennem i til l , antændes og vedbliver at brænde i den tilstedeværende Ilt. Ledningen for Induktionsstrømmen fjernes; Apparatet C nedsænkes i Vand, saaledes at Forbrændingsrummet l befinder sig omsluttet af samme, og Vandet holdes afkølet ved Tilsætning af Is. Omkring Apparatet A anbringes ligeledes en Beholder med destilleret Vand af 25—30° Varme. Brintudviklingen naar snart sin fulde Størrelse og holder sig dernæst

konstant; selvfølgelig maa Ilttilførselen efterhaanden forøges indtil Brintudviklingen har naaet sin fulde Størrelse. Efter omtrent 3 Timers Forløb nærmer sig Reaktionen Slutning; Brintudviklingen bliver svagere, og man fjerner Vandbeholderen omkring *A*, hvorved Varmegraden i *b* stiger, og Reaktionen gaar til Ende. Naar Brintflammen trækker sig tilbage i Brænderens Platinrør, afbrydes Brintstrømmen ved at lukke Hanen *g*. Man fjerner nu Isvandsbeholderen omkring *l* og lader vedvarende en meget langsom Strøm af Ilt gaa gennem Apparatet *C*, indtil Apparatet har antaget Luftens Varmegrad. I Udviklingsapparatet foregaar endnu en svag Brintudvikling; for at maale Størrelsen af den endnu resterende Brint, som altsaa ikke bliver forbrændt, forbindes Tregangshanen *g* med et snævert Glasrør, igennem hvilket Brinten føres til et Maaleapparat, hvor det opsamles over Vand; denne udgør reduceret til 0° og 760 Mm. i de forskellige Forsøg 12—60 Cubc., altsaa kun en meget ringe Del af den hele Brintmængde, som er omkring 10 Litre for hvert Forsøg. Med lukkede Haner henstaar saa Udviklingsapparatet til den følgende Dag, hvorved endnu udvikles en meget ringe Mængde Brint, hvis Rumfang tages med i Beregning. Efter at dette er fjernet, ere nu begge Dele af det hele Apparat i samme Tilstand som før Forsøget, Udviklingsapparatet fyldt med Brint og Forbrændingsapparatet saa vel som Tørrerøret med Ilt ved Luftens Varmegrad og Tryk.

Apparaternes samlede Vægt bestemmes dernæst ved gentagne Vejninger; Vægtforøgelsen angiver Vægten af den til Forbrændingen fornødne Iltmængde, selvfølgelig med de fornødne Korrektioner, saaledes som det omtales i det følgende Afsnit.

I elleve saadanne Forsøg blev ialt opløst 86,9358 Gram Aluminium i Kalilud; Vægten af den forbrugte Ilt udgjorde 76,7786 Gram, og det reducerede Rumfang af den luftformig opsamlede Brint var ialt 0,4096 Litre. Resultatet af disse Forsøg, beregnet for det lufttomme Rum, bliver paa den i det følgende Afsnit beskrevne Maade:

$$\frac{\text{Ilt}}{\text{Aluminium}} = 0,88787 \pm 0,000018.$$

Dette er altsaa det andet Hovedresultat af Undersøgelsen.

3. Undersøgelsens Hovedresultat.

Den eksperimentale Undersøgelse har altsaa, beregnet paa den i det følgende Afsnit beskrevne Maade, givet følgende to Hovedstørrelser:

$$\frac{\text{Brint}}{\text{Aluminium}} = 0,11190 \pm 0,000015.$$

$$\frac{\text{Ilt}}{\text{Aluminium}} = 0,88787 \pm 0,000018,$$

d. v. s. naar i det anvendte Apparat 1 Gram af det benyttede Aluminium opløses i koncentreret Kalilud, udræder 0,11190 Gr. Brint i luftformig Tilstand af Apparatet; endvidere, naar denne Brintmængde forbrændes til Vand, udfordres dertil en Vægt af 0,88787 Gram Ilt. Forholdet imellem disse to Værdier giver altsaa Vandets Sammensætning, beregnet for det lufttomme Rum:

$$\frac{O}{H_2} = \frac{0,88787 \pm 0,000015}{0,11190 \pm 0,000018} = 7,9345 \pm 0,0011,$$

hvilket altsaa giver Forholdet imellem Atomvægtene for Brint og Ilt

$$H: O = 1:15,8690 \pm 0,0022.$$

Dette Resultat stemmer meget nøje med de i den senere Tid foretagne Undersøgelser, ved hvilke Vandets Sammensætning bestemtes ved Vejning af de luftformige Bestanddele eller Bestemmelse af deres Vægtfylde og med Hensyntagen til det Rumfang, i hvilket disse Luftarter forene sig; saaledes fandt

Cooke og Richard	1:15,869	}	15,870
Rayleigh og Scott	1:15,882		
Morley	1:15,879		

Medens de nyere Undersøgelser, væsentligt udførte ved Reduktion af Kobberilte med Brint, have givet.

Noyes	1 : 15,886	}	15,878
Dittmar og Henderson . . .	1 : 15,867		
Leduc	1 : 15,881		

Forskellen imellem disse Tal er kun ringe; rimeligvis er den sidste Gruppes Middeltal, 15,878, endnu lidt for højt, da ældre Forsøg, udførte af Dumas, Erdmann og Marchand og senere af Keiser (1888) efter den samme Methode, endog har givet en Middelværdi 15,964. Overensstemmelsen imellem den første Gruppes Middeltal og den af mig fundne Værdi vinder i Betydning derved, at mine Undersøgelser ere udførte efter en hel ny Methode, og da jeg ved mine Undersøgelser fuldstændigt har undgaaet at maatte veje eller maale store Luftmængder og derved ikke har været paavirket af de Ulemper, som saadanne Arbejder medføre, er der Grund til antage, at det af mig fundne Forhold

$$H : O = 1 : 15,8690$$

nærmer sig meget til Sandheden og næppe fjerner sig fra denne udover 4. Decimal.

B. Forsøgenes Enkeltheder og deres Beregning.

1. Forsøgene over den Vægtmængde Brint, som udvikles ved Opløsning af en Vægtenhed Aluminium i Kalilud.

Den benyttede Opløsning af Kalihydrat indeholdt 2 Dele Kalihydrat med 3 Dele Vand, og i hvert Forsøg blev anvendt omtrent 60 Gram af samme. Vægten af det til hvert Forsøg benyttede Aluminium var 7—10 Gram. Da Vægten af den ved et saadant Forsøg udviklede Brint kun udgør omtrent 0,85 Gr., blev der udført 21 saadanne Forsøg for derved om muligt at fjerne Indflydelsen af de uundgaaelige Afvigelser mellem de enkelte Forsøg. Efterfølgende Tabel indeholder nu Vægten af det til hvert Forsøg benyttede Aluminium samt Vægten af den frigjorte Brint; denne Vægt fremkommer, som allerede omtalt, som Forskel imellem Udviklingsapparatets Vægt før og efter Reaktionen, selvfølgelig reduceret til lige Varmegrad og Lufttryk.

Af de iagttagne Vægtmængder afledes den absolute Vægt, d. v. s. Vægten i lufttomt Rum paa sædvanlig Maade. Naar a er Vægten af Aluminiumet, vejet med Messinglodder, s og s , Vægtfylden af Aluminium og af Messing (henholdsvis 2,67 og 8,5) og endvidere l Vægten af en Kubikcentimeter Luft ved Forsøgets Varmegrad og Lufttryk (c. 0,00120 Gram), saa vilde Aluminiumets Vægt ved Vejning i lufttomt Rum have været

$$a_0 = a \left(1 + \frac{l}{s} - \frac{l}{s_1} \right)$$

og af de ovenfor angivne Værdier følger da:

$$a_0 = 1,00031 \cdot a.$$

Ved Beregning af Brintens absolute Vægt maa erindres, at den iagttagne Vægt fremkommer som Forskel imellem det afspærrede Apparats Vægt før og efter Reaktionen, hvorved Luftens Indflydelse paa Vægtforskellen forsvinder, idet Vægten selvfølgelig er beregnet for samme Varmegrad og Tryk. Naar den iagttagne Vægtforskelle er b , bliver den absolute (for lufttomt Rum)

$$b_0 = b \left(1 - \frac{l}{s} \right),$$

eller med Benyttelsen af de angivne Værdier

$$b_0 = (1 - 0,00014) b.$$

Det absolute Forhold imellem Brintens og Aluminiumets Vægt bliver altsaa

$$\frac{b_0}{a_0} = \frac{b (1 - 0,00014)}{a (1 + 0,00031)} = 0,99955 \cdot \frac{b}{a}.$$

Den følgende Tabel indeholder nu i 1. Spalte Aluminiumets Vægt, i 2. Spalte Brintens og i 3. det i ovenstaaende Formel beregnede Forholdstal.

<i>a</i> Aluminium.	<i>b</i> Brint.	$0,99955 \cdot \frac{a}{b}$.
5,8632 Gr.	0,6558 Gr.	0,11180
7,4249 —	8302 —	11175
7,0203 —	7862 —	11194
7,1692 —	8037 —	11205
7,1217 —	7972 —	11189
7,1485 —	8010 —	11200
7,9498 —	8903 —	11194
7,4275 —	8305 —	11175
7,4140 —	8300 —	11190
7,5256 —	8419 —	11182
7,6134 —	8534 —	11204
7,6649 —	8590 —	11202
7,8186 —	8764 —	11204
7,6088 —	8510 —	11179
7,6434 —	8548 —	11178
7,4645 —	8365 —	11202
7,8692 —	8808 —	11188
7,8946 —	8835 —	11186
7,8190 —	8749 —	11185
10,5024 —	1,1759 —	11190
10,4070 —	1,1648 —	11187
162,3705 Gr.	18,1778 Gr.	0,11190 ₂

I disse 21 Forsøg er der altsaa i alt opløst 162,3705 Gr. Aluminium og udviklet 18,1778 Gram eller omtrent 200 Liter Brint. Middelværdien for Forholdstallet bliver altsaa

$$0,99955 \cdot \frac{18,1778}{162,3705} = 0,11190_2;$$

de største Afvigelser fra dette Middeltal ere $\pm 0,00015$; men paa Grund af det store Antal Forsøg bliver den sandsynlige Fejl i Middeltallet, beregnet efter den almindelige Formel:

$$0,67 \sqrt{\frac{\sum \cdot c^2}{20 \cdot 21}} = \pm 0,000015,$$

og saaledes bliver da Resultatet af denne Del af Undersøgelsen

$$\frac{\text{Brint}}{\text{Aluminium}} = 0,11190 \pm 0,000015.$$

2. Forsøgene til Bestemmelse af den Vægt Ilt, som er fornøden til Forbrænding af den Brintmængde, der udvikles ved Opløsning af en Vægtenhed Aluminium i Kalilud.

Som allerede omtalt udføres Forsøget paa den Maade, at Udviklingsapparatet forbindes direkte med Forbrændingsapparatet, saa at Brinten, efterhaanden som den udvikles, omdannes til Vand ved den tilledede Ilt. Begge Dele af Apparatet bleve vejede før og efter Forsøget; Forskellen imellem disse tvende Vægte giver Vægten af den til Forbrændingen fornødne Iltmængde; dog ere nogle Korrektioner fornødne.

Naar c og d betegne Vægten af det hele Apparat før og efter Forsøget (selvfølgelig ved samme Varmegrad og Tryk) saa er $d-c$ Iltens tilsyneladende Vægt. Da nu Apparatets Rumfang er uforandret før og efter Forsøget, og da Vejningen sker med Messinglodder, vil Vægtforandringen, beregnet for lufttomt Rum, ligesom ovenfor blive $0,99986(d-c)$. Ligesom Udviklingsapparatet er fyldt med Brint før og efter Forsøget, saaledes er Forbrændingsapparatet fyldt med Ilt; men det ved Forbrændingen dannede Vand uddriver et Rumfang med Vanddamp mættet Ilt lig med dets eget Rumfang. Betegner man nu den absolute Vægt af den til Forbrændingen medgaaede Iltmængde ved e , saa er Vægten af det dannede Vand tilnærmelsesvis $1,126 \cdot e$. Naar endvidere f er Rumfanget af et Gram Vand ved Forsøgets Varmegrad og g Vægten af en Kubikcentimeter med Vanddamp mættet Luft ved Forsøgets Varmegrad og Lufttryk, saa bliver Vægten af den af det dannede Vand fortrængte Iltmængde $1,126 \cdot e \cdot f \cdot g$, og dette er et Vægttab, som bør bringes med i Beregning.

Som allerede omtalt bliver en ringe Del af den ved Forsøgets Slutning udviklede Brint ikke forbrændt, fordi Udviklingen

i dens sidste Del er meget langsom. Denne Brintmængde bliver opsamlet og maalt i luftformig Tilstand; udtrykkes dets reducerede Rumfang i Litre ved h , saa er Vægten af denne Brintmængde $0,0900 h$, som ligeledes er et Vægttab for det hele Apparat.

Vægtforøgelsen, som det hele Apparat viser, er altsaa Forskellen imellem Vægten af den forbrugte Ilt og luftformigt udviklede Brint, eller

$$0,99986(d-c) = e(1 - 1,126 \cdot f \cdot g) - 0,0900 \cdot h.$$

Den absolute Vægt af den til Forbrændingen medgaaede Ilt bliver da:

$$e = \frac{0,99986(d-c) + 0,0900h}{1 - 1,126 \cdot f \cdot g}.$$

Dersom den luftformigt udviklede Brintmængde h var forbrændt til Vand, vilde den have udfordret 7,935 Gange sin Vægt Ilt, og følgelig vilde Iltmængden ved en fuldstændig Forbrænding af den hele Brintmængde, som udvikles ved Reaktion af Aluminiumet paa Kaliopløsningen have været

$$E = e + 7,935 \cdot 0,0900 \cdot h = e + 0,7141 \cdot h.$$

Altsaa bliver den hele Iltmængde, som svarer til den benyttede Vægt Aluminium,

$$E = \frac{0,98986(d-c) + 0,0900h}{1 - 1,126f \cdot g} + 0,7141 \cdot h.$$

Naar den iagttagne Vægt af det benyttede Aluminium er a , vilde den absolute Vægt i lufttomt Rum være

$$A = 1,00031 \cdot a.$$

Forholdet imellem disse to Udtryk, altsaa $E:A$, giver den til en Vægtenhed Aluminium svarende Vægtmængde Ilt, d. v. s. den Vægt Ilt, som vilde udfordres til fuldstændig Forbrænding af den hele ved Reaktionen udviklede Brintmængde. Man har derfor

$$\frac{\text{Ilt}}{\text{Aluminium}} = \frac{E}{A} = \frac{0,99986(d-c) + 0,0900h}{1,00031 \cdot a(1 - 1,126f \cdot g)} + \frac{0,7141 \cdot h}{1,00031 \cdot a}.$$

Dette Udtryk er ubekvem for Beregningen, men det kan omformes til det følgende:

$$\frac{\text{Ilt}}{\text{Aluminium}} = \frac{(1 + n)(d - c) + 0,8038 h}{a},$$

som er langt simplere. Da imidlertid Produktet $f \cdot g$ ikke er konstant, idet det forandrer sig med Varmegrad og Lufttryk, bliver ej heller n konstant; denne Størrelse faar nemlig for Lufttryk imellem 750 og 770 Mm. og 18 til 22° C., indenfor hvilke Grænser Forsøgenes fysiske Konstanter i Reglen have ligget, følgende Værdier:

	18°	20°	22°
750 Mm.	0,00103	0,00102	0,00101
760 —	105	104	103
770 —	107	106	105

Disse Størrelser maa derfor benyttes ved Beregninger; saaledes faar man altsaa for $1 - n$ ved 760 Mm. og 20° Faktoren 1,00104 o. s. v.

Den følgende Tabel indeholder nu Enkelthederne i 11 saadanne Forsøg, i hvilke der i alt blev opløst 86,9358 Gram Aluminium. Den 1. Spalte angiver Aluminiumets Vægt i Gram; den anden Spalte Vægtforandringen ligeledes i Gram for det samlede Apparat, d. v. s. den tilsyneladende Vægt af den forbrugte Iltmængde; den 3. Spalte angiver Rumfanget af den luftformigt udviklede Brint i Litre, reduceret til 760 Mm. og 0°; den 4. Spalte indeholder Værdien af n , som benyttes ved Beregningen paa Grund af Forsøget Varmegrad og Lufttryk; den 5. Spalte indeholder Værdien af $(1 + n)(d - c) + 0,8038 h$, og endelig den 6. Spalte den til en Vægtenhed Aluminium svarende Vægt Ilt.

a Alu- minium.	$d-c$ Ilt.	h Liter Brint.	n .	$(1+n)(d-c)$ $+ 0,8038h$	$\frac{E}{A}$
8,1140	7,1704	0,0330	0,00105	7,2043	0,88788
7,8905	6,9896	123	104	7,0067	88799
7,9792	7,0307	562	107	7,0834	88774
8,0938	7,1328	563	107	7,1856	88779
7,7530	6,8287	594	104	6,8835	88785
7,7631	6,8639	271	104	6,8928	88789
8,2226	7,2737	253	104	7,3015	88798
7,9042	6,9982	155	104	7,0179	88787
7,6514	6,7470	476	106	6,7924	88773
7,7185	6,8138	414	102	6,8539	88798
7,8455	6,9298	355	106	6,9656	88785
86,9358	76,7786	0,4096	1,00104 ₈	77,1876	0,88787

Middeltallet for disse 11 Forsøg er altsaa 0,88787: Middelfavgivelsen for de enkelte Forsøg udgør $\pm 0,00007$; Middeltallets sandsynlige Fejl bliver, beregnet paa sædvanlig Maade, $\pm 0,000018$. Resultatet af denne anden Del af Undersøgelsen er altsaa

$$\frac{\text{Ilt}}{\text{Aluminium}} = 0,88787 \pm 0,000018;$$

forbindes dette med det ovenfor fundne

$$\frac{\text{Brint}}{\text{Aluminium}} = 0,11190 \pm 0,000015,$$

fremtræder det allerede ovenfor meddelte Forhold

$$O : H_2 = 7,9345 \pm 0,0011,$$

hvoraf

$$O : H = 15,8690 \pm 0,0022,$$

hvilket altsaa er Iltens Atomvægt i Forhold til Brintens som Enhed; medens 1,00826 vilde blive Brintens Atomvægt, naar Atomvægten for Ilt sættes til 16.

En Sammenligning mellem dette Resultat og Resultaterne af de tidligere Undersøgelser over dette Forhold har jeg allerede givet i det foregaaende Afsnit.